

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

Armazenamento de sementes de cebola mantidas em diferentes embalagens e ambientes

Nander Ferraz Hornke

Pelotas, 2019

Nander Ferraz Hornke

Armazenamento de sementes de cebola mantidas em diferentes embalagens e ambientes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

Pelotas, 2019

Nander Ferraz Hornke

Armazenamento de sementes de cebola mantidas em diferentes embalagens e ambientes

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 22/03/2019

Banca examinadora:

.....
Prof^a. Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti..... (Orientadora)
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

.....
Prof. Dr. Francisco Amaral Villela..... (Coorientador)
Doutor em Fitotecnia pela Universidade de São Paulo-USP.

.....
Dr. Geri Eduardo Meneghello.....
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

.....
Prof. Dr. Wolmer Brod Peres.....
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

Dedico

*Primeiro e especialmente a minha
companheira Isabella Verruck Tortola que
esteve comigo, ao meu lado torcendo pelo
meu sucesso, auxiliando, incentivando e
dando suporte.*

*A minha mãe Vanilda Ferraz Hornke, meu pai
Nelson Hornke, e irmãs Nelise e Taele por
estarem sempre a minha disposição...*

Agradecimentos

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, pela estrutura física disponibilizada e por proporcionar a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa durante o período de estudos.

À Professora, orientadora, colega e amiga Dr^a. Gizele Ingrid Gadotti pela orientação, atenção, paciência, conhecimentos repassados, conselhos, e amizade desde a graduação e durante a realização do curso.

Ao professor coorientador Dr. Francisco Amaral Villela pelo auxílio na coorientação, conhecimentos repassados, durante a realização do curso.

Aos demais professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Aos amigos e colegas do programa, Jerffeson Araújo Cavalcante, André Fernandes Capilheira, Joseano Graciliano, Paulo Eduardo Rocha Eberhardt, Romário Pinheiro, Raimunda Nonata da Silva, e demais integrantes do Laboratório de Agrotecnologia do Centro de Engenharias da UFPel pelo apoio, companheirismo, amizade, trabalho e tempo dedicado.

Aos estagiários de graduação, Naiane de Almeida Reis, Ariele Nadal, Isabella Moreira, Pedro Brisolara e Eduarda Moczulski pela amizade, trabalho e dedicação.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e curso.

“O homem gosta de surpreender-se, e
isso é a semente da ciência”

Ralph Waldo Emerson

Resumo

HORNKE, Nander Ferraz. **Armazenamento de sementes de cebola mantidas em diferentes embalagens e ambientes**. 2019. 45f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

Na agricultura atual, o uso de sementes de qualidade superior tem se tornado uma exigência dos agricultores safra após safra, já que a qualidade da semente pode ser um fator crucial no sucesso de um cultivo, seja de grãos ou hortaliças. Entretanto, produzir sementes onera de cuidados em todas as etapas do processo produtivo, sendo o armazenamento uma etapa fundamental para a manutenção da qualidade das sementes após o beneficiamento. Desta forma, objetivou-se avaliar o potencial de armazenamento de sementes de cebola armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. Foram testadas as embalagens impermeável (com fechamento hermético), semipermeável e permeável, nas seguintes condições: ambiente natural, câmara fria e seca a 10 ± 2 °C e 33% de UR e câmara fria a 16 ± 2 °C e 60 % de UR, durante 0, 90, 180, 270 e 360 dias, sendo avaliados o teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e emergência em campo (realizado aos 360 dias de armazenamento). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Inicialmente, as sementes apresentaram germinação média de 98% e teor de água de 7,0%. As embalagens e ambientes empregados permitiram alterações no teor de água, com exceção das embalagens impermeáveis, que desencadearam o início da deterioração das sementes, evidenciado pelos testes de vigor. Entretanto, a germinação não foi influenciada pelos tratamentos e períodos de armazenamento a ponto de permanecer fora dos padrões de comercialização, porém, o vigor das sementes foi significativamente reduzido. De maneira geral, as sementes de cebola podem ser armazenadas em embalagem impermeável durante 360 dias de armazenamento, independente do ambiente. As embalagens semipermeáveis e permeáveis apresentaram rendimento satisfatório tão-somente quando foram acondicionadas nas condições controladas, seja em câmara fria ou fria e seca.

Palavras-chave: *Allium cepa*, armazenamento hermético, acondicionamento, qualidade fisiológica.

Abstract

HORNKE, Nander Ferraz. **Packing in permeable and hermetic packaging and physiological performance of onion seeds**. 2019. 43f. Dissertation (Master's) – Post Graduation Program in Seed Sciences and Technology, Eliseu Maciel Agronomy School, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2019.

In current agriculture, the use of higher quality seed has become a requirement of crop farmers, harvest after harvest, as seed quality can be a crucial factor in the success of a crop, be it grain or vegetables. However, the production of seeds is expensive in all stages of the production process, being the storage a fundamental step for the maintenance of the quality of the seeds after the beneficiation. In this way, the objective was to evaluate the storage potential of onion seeds stored in different packages and environments. The waterproof (semi-permeable and permeable seal) packages were tested under the following conditions: natural environment, cold and dry room at 10 ± 2 °C and 33% RH and cold room at 16 ± 2 °C and 60% RH , during 0, 90, 180, 270 and 360 days. The water content, germination, first germination count, accelerated aging and field emergence (at 360 days of storage) were evaluated. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replicates. Initially, the seeds presented average germination of 98% and water content of 7.0%. The packaging and environments employed allowed changes in the water content, except for the impermeable packaging, which triggered the beginning of the deterioration of the seeds, evidenced by the vigor tests. However, the germination was not influenced by the treatments and storage periods at the poto remain outside the marketing standards, however, the seed vigor was significantly reduced. In general, onion seeds can be stored in waterproof packaging for 360 days of storage, regardless of the environment. The semipermeable and permeable packages presented satisfactory yield only when they were conditioned under the controlled conditions, either in a cold or cold and dry chamber.

Key words: *Allium cepa*, hermetic packaging, storage, physiological quality.

Lista de Figuras

- Figura 1 Teor de água (A) e germinação (B) em sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019. 30
- Figura 2 Primeira contagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B) e envelhecimento acelerado (C) em sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019. PCA, ICA e SCA = Permeável, Impermeável e Semipermeável em Condição Ambiente, respectivamente; ICF = Impermeável em câmara fria e seca (10 °C e 33% UR); e ICF = Impermeável em câmara fria (16 °C e 60% UR). 33

Lista de Tabelas

Tabela 1	Resumo da análise de variância para as fontes de variação nas variáveis teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019.....	21
Tabela 2	Teor de água de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019.....	22
Tabela 3	Germinação de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019.....	24
Tabela 4	Primeira contagem de germinação de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019.....	25
Tabela 5	Índice de velocidade de germinação de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019.....	27
Tabela 6	Envelhecimento acelerado de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019.....	28
Tabela 7	Emergência de plântulas a partir de sementes de cebola armazenadas em diferentes condições ambientais e tipos de embalagens após um período de armazenamento de 360 dias.....	36

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. A cultura da cebola	14
2.2. Longevidade de sementes	14
2.3. Armazenamento de sementes de cebola	15
2.4. Embalagens	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Análise estatística	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. Introdução

A produção agrícola mundial depende fundamentalmente da semente, logo, a manutenção de sua viabilidade e vigor durante o seu armazenamento é de particular importância. Condições de armazenamento são definitivas para garantir a qualidade fisiológica da semente, retardando o processo de deterioração, na qual os produtores de sementes se preocupam com a utilização de técnicas que propiciem a minimização dos fatores de deterioração (ALMEIDA et al., 2010). Um adequado armazenamento permitirá manter a qualidade da semente por um maior período de tempo (SINGH et al., 2015).

Tendo em vista a importância desta cultura no cenário agrícola mundial, redução de custos de produção, e o aumento de produtividade, necessita-se que utilize sementes com elevada qualidade fisiológica e crescimento rápido de plântulas, o que é característico de sementes com alto vigor.

Como qualquer outro ser vivo, as sementes também apresentam o processo de deterioração como algo inevitável e irreversível que culmina invariavelmente com sua morte (GONZÁLEZ et al., 2012), determinados essencialmente pelo conjunto de eventos físicos, fisiológicos e bioquímicos que se inicia a partir da maturidade fisiológica no campo (MARCOS FILHO, 2015).

Contudo, o armazenamento de sementes tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores, visando a manter o máximo de viabilidade e vigor do lote e minimizar os danos causados pelo processo de envelhecimento, utilizando diferentes condições de armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O grau de umidade da semente, a temperatura e umidade relativa do ar ambiente são os fatores que afetam mais profundamente o processo de deterioração (MARCOS FILHO, 2015).

As sementes devem ser acondicionadas em embalagens à prova de umidade, como sacos aluminizados ou em latas. O grau de umidade das sementes deve se situar em torno de 6%. A semente de cebola apresenta longevidade curta necessitando de baixa umidade relativa e baixa temperatura para sua conservação (MELO, 2017).

Além dos fatores ambientais que podem acelerar o processo de envelhecimento das sementes, outro fator que pode minimizar o efeito do ambiente

sobre as sementes armazenadas, são embalagens impermeáveis utilizadas no armazenamento, que devem ajudar a diminuir a velocidade do processo de deterioração, mantendo o teor de água inicial das sementes, com o intuito de diminuir a respiração e, conseqüentemente, a deterioração das mesmas (TONIN; PEREZ, 2006).

As embalagens de sementes são classificadas em permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis, sendo cada uma delas com um grau de proteção distinto. Quando as sementes são armazenadas em embalagens permeáveis, seu teor de água altera conforme as variações da umidade do ar, por serem higroscópicas. Em embalagens semipermeáveis, há alguma resistência às trocas, porém insuficiente para impedir completamente a passagem da umidade e, em embalagens impermeáveis, não há influência da umidade do ar externo sobre as sementes (BAUDET; VILLELA, 2012).

Deste modo, torna-se um desafio para as empresas produtoras de sementes, que devem, de certa forma, fazer investimento para aperfeiçoar o armazenamento, principalmente em regiões tropicais de clima úmido e quente. Este desafio, além das grandes culturas, deve ser considerado para as empresas produtoras de sementes de hortaliças que, em geral, apresentam alto potencial de armazenamento, como é o caso da cebola (RAO et al., 2006).

Assim, diante do exposto, objetivou-se a avaliar condições de armazenamento de sementes de cebola em diferentes embalagens, visando a manutenção da qualidade fisiológica das sementes durante o período de 360 dias em três condições de temperatura e umidade relativa do ar.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A cultura da cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) pertencente à família Alliaceae, como o alho, a cebolinha e o alho-porró, é uma das hortaliças mais importantes e difundidas no Brasil e no mundo. Dentre as várias espécies olerícolas cultivadas, pertencentes ao gênero *Allium*, a cebola é a mais importante sob o ponto de vista de volume de consumo e valor econômico (SOUZA e RESENDE, 2002). Considerando os volumes comercializados, compõe, juntamente com a alface, batata, cenoura e tomate, as cinco hortaliças mais consumidas no Brasil.

A produção das lavouras de cebola em bulbo indica que foram produzidos 1 milhão e 600 mil toneladas no ano de 2017, um incremento de 1,7% em relação ao ano anterior, proveniente de 56,7 mil hectares. Deste total, Santa Catarina é o maior produtor, (36,9%), seguidos de Bahia (16,1%) e Rio Grande do Sul (14,0%), conforme IBGE (2017).

2.2. Longevidade de sementes

A partir do momento em que atinge a maturidade fisiológica, a semente entra em processo gradual e progressivo de deterioração natural, que será mais ou menos pronunciado dependendo da sua constituição genética e condição fisiológica, das condições ambientais, da ação de pragas e microrganismos e outros estresses aos quais ela poderá estar sujeita. Tal processo envolve um conjunto de transformações degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física, influenciado pela interação entre fatores bióticos e abióticos, que culminam na redução gradativa do potencial de armazenamento das sementes, bem como da velocidade e uniformidade de germinação e emergência das plântulas, até causarem a perda completa da viabilidade (COSTA, 2012).

Entre os fatores mais importantes que afetam a qualidade de sementes durante o armazenamento estão a sua umidade e a temperatura do ar. Para cada 1% de diminuição no grau de umidade da semente, duplica-se o potencial de armazenamento (válida para o intervalo de 5 a 14%). Para cada 5,5°C de diminuição na temperatura, duplica-se o potencial de armazenamento da semente (válida de 0 a

40°C). O somatório aritmético da temperatura de armazenamento em graus Fahrenheit, e a umidade relativa não deve ser maior que 100, sendo a contribuição da temperatura não mais que a metade desta soma (HARRINGTON, 1972).

A primeira consequência da deterioração, de acordo com a sequência hipotética proposta por Delouche e Baskim (1973), é a desestruturação dos sistemas de membranas celulares e a redução da permeabilidade seletiva. Membranas desestruturadas estimulam o processo de deterioração da semente, e possivelmente, deficiências no desempenho (AOSA, 1983).

2.3. Armazenamento de sementes de cebola

O maior desafio para quem armazena sementes é conseguir que a qualidade fisiológica seja mantida durante o período de armazenamento, visto que melhorá-las não é possível mesmo em condições ideais (VILLELA; PERES, 2004).

Os fatores que afetam a qualidade fisiológica e a longevidade das sementes durante o armazenamento são a temperatura, a umidade relativa do ar ambiente, o teor de água das sementes e as características morfológicas influenciadas pelo genótipo e suas interações com o ambiente durante o processo de maturação, colheita e secagem (MARCOS FILHO, 2015; WALTERS; BALLESTEROS; VERTUCCI, 2010). Para hortaliças as sementes são armazenadas com baixos teores de água, de 5 a 7%, e são utilizadas embalagens herméticas ou impermeáveis.

A temperatura de armazenamento, entre outros fatores, afeta diretamente a velocidade das reações químicas, o que faz com que acelere a respiração e a degradação das reservas, recomendando-se o uso de temperaturas mais baixas (MARCOS FILHO, 2015).

Durante o armazenamento, a deterioração das sementes não pode ser impedida, todavia a velocidade do processo pode ser minimizada por meio de procedimentos adequados de produção, colheita, secagem, beneficiamento, transporte e armazenamento. O processo de deterioração em sementes compreende uma sequência de alterações bioquímicas e fisiológicas iniciadas logo

após a maturidade fisiológica, que acarretam na redução do vigor, culminando na perda da capacidade de germinar (VILLELA; MENEZES, 2009).

Toda e qualquer alteração fisiológica, bioquímica ou física, com início a partir da maturidade fisiológica, em ritmo progressivo, determinando a redução da qualidade e culminando com a morte da semente (MARCOS FILHO, 2015). Sementes de cebola, mesmo secas, por exemplo, armazenadas em condições ambientais de Pelotas-RS, possuem um potencial de armazenamento de três meses (BAUDET; VILLELA, 2012).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), no armazenamento, a velocidade do processo de deterioração pode ser controlada em função da longevidade, da qualidade inicial das sementes e das condições do ambiente. Como a longevidade é uma característica genética inerente à espécie, somente a qualidade inicial das sementes e as condições do ambiente de armazenamento podem ser manipuladas.

Em geral, as sementes de vida longa e média apresentam longevidade crescente, conforme diminuem a temperatura ambiente e o seu teor de água. A longevidade das sementes ortodoxas pode ser acentuadamente prolongada pela secagem a teores de água de até 5% a 8% e pelo acondicionamento em embalagens impermeáveis (PARRELLA, 2011).

O armazenamento hermético baseia-se na modificação da concentração de gases na atmosfera natural, fazendo com que as sementes apresentem drástica redução nos processos metabólicos e por consequência, mantenham as características iniciais por períodos mais prolongados (BORÉM et al., 2008).

2.4. Embalagens

Visando minimizar as perdas durante o armazenamento, os produtores de sementes têm adotado diversas alternativas tecnológicas para a manutenção da qualidade de sementes, dentre elas o uso de embalagens impermeáveis, que tendem a diminuir as variações do ambiente sobre o metabolismo da semente (OLIVEIRA et al., 2009; SILVA et al., 2010; DONADON et al., 2015).

Em relação à permeabilidade à água, as embalagens podem ser classificadas em três tipos:

a) Impermeáveis: apresentam como principais características, além de evitar a troca de umidade entre a semente e o ambiente, a redução da disponibilidade de oxigênio devido à respiração das sementes, fato que reduz a diminuição de matéria seca, proliferação de insetos e mantém a qualidade fisiológica das sementes por períodos maiores de armazenamento (SAUER, 1992; BAUDET; VILLELA, 2012).

b) Semipermeáveis: restringem a passagem de água, permitindo a troca de umidade entre as sementes e o ambiente. O teor de água das sementes deve ser de 2 a 3% inferior ao empregado nas embalagens permeáveis (VILLELA; PERES, 2004). Exemplos: sacos plásticos de 100 a 200 micras, polietileno de baixa espessura e combinações de lâminas de papel e outro material (MEDEIROS; EIRA, 2006).

c) Permeáveis: permitem a troca de umidade, recomendadas para o armazenamento das sementes por curto período ou para sementes ortodoxas muito úmidas. O grau de umidade das sementes nesse tipo de embalagem oscila com a variação da umidade do ambiente (FOWLER, 2000). Exemplos: sacos de tecido, plásticos perfurados e de papel.

Até pouco tempo, as tentativas para aprimoramento do armazenamento hermético haviam falhado, devido a baixa qualidade de materiais utilizados, não suportando suficientemente trocas gasosas entre o ambiente externo e interno das embalagens.

Contudo, vários trabalhos têm demonstrado o efeito benéfico que as embalagens impermeáveis proporcionaram sobre a qualidade das sementes durante o armazenamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, e na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, ambos localizados no município de Capão do Leão, RS. A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada no Laboratório Didático de Análise de Sementes “Flávio Farias da Rocha” do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas. Foi utilizado um lote de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar do tipo crioula precoce, com germinação inicial de 98%, teor de água de 7%, compradas no comércio e providas de colheita de dezembro de 2016,

Durante a condução do experimento foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 x 5, correspondendo a três tipos de embalagem (impermeável, semipermeável e permeável), três ambientes (câmara fria e seca com $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 33% de umidade, câmara fria a $16\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 60% de umidade e ambiente sem controle de temperatura e umidade, e cinco períodos de armazenamento: zero, 90, 180, 270 e 360 dias. A temperatura média anual do município de Capão do Leão-RS, local do armazenamento, é de clima quente e temperado, com 1378 mm de pluviosidade média anual, temperatura média de 18°C e umidade relativa do ar de 80%, no Laboratório do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Utilizaram-se três repetições para cada tratamento.

Para o delineamento estatístico dos dados de emergência em campo, adotou-se um fatorial 3x3 (embalagem x ambiente), desconsiderando o fator tempo, visto que a semeadura foi realizada ao final do período de armazenamento.

A instalação do experimento iniciou-se no mês de setembro de 2017 com o ensaio de 07 gramas de sementes em cada embalagem: material multicamadas de polietileno (0,156 mm de espessura) (impermeável); embalagem plástica (0,08mm de espessura) no interior da embalagem de algodão (semipermeável); e embalagem de algodão (permeável).

As sementes permaneceram armazenadas por um período de 360 dias, sendo avaliada a qualidade fisiológica periodicamente, em intervalos regulares a de 90 dias, sendo as avaliações realizadas no tempo zero, 90, 180, 270 e 360 dias. A

cada período, com exceção do teste de emergência a campo, realizado os seguintes testes:

Teor de água: As amostras de sementes com aproximadamente 01 grama, foram pesadas em cápsulas de alumínio previamente a alocação em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas. Quantidades menores de 03 gramas podem ser utilizadas para determinação do grau de umidade com confiabilidade para determinação de umidade em sementes de cenoura conforme descreve (RODRIGUES et al. 2016). Posteriormente, as capsulas foram postas em dessecador contendo sílica gel como material dessecante por 30 minutos e pesadas em balança com sensibilidade de 0,001g para a obtenção do teor de água das sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

Teste de germinação: realizado por meio da semeadura de 200 sementes por repetição, divididas em quatro sub amostras de 50 sementes. As sementes foram distribuídas uniformemente sobre papel mata-borrão, umedecido a 2,5 vezes o valor do peso seco do substrato dentro de caixas do tipo *gerbox* acrílicas e transparentes. As caixas foram acondicionadas em sala de germinação com temperatura controlada de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, sendo a porcentagem de germinação realizada aos 12 dias após a semeadura, quando foi realizada a avaliação de plântulas normais, expressos em porcentagem, conforme a RAS (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: realizado em conjunto ao teste de germinação, sendo a contagem das plântulas normais executada aos seis dias após a semeadura do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. As plântulas consideradas normais foram retiradas da caixa *gerbox* a fim de não comprometer o andamento do teste de germinação (BRASIL, 2009).

Índice de Velocidade de Germinação: Esta avaliação foi realizada conjuntamente ao teste de germinação de acordo com Maguire (1962), onde as contagens foram realizadas diariamente a partir do dia em que se manifestara as primeiras plântulas normais. Ao final dos 12 dias de teste, foi tabulado e calculado o índice de velocidade de germinação para cada repetição através da seguinte equação:

$$IVG = \left(\frac{G1}{N1}\right) + \left(\frac{G2}{N2}\right) + \dots + \left(\frac{G12}{N12}\right)$$

Onde:

IVG: Índice de velocidade de germinação

G1, G2, G12: Número de plântulas normais encontradas e contadas até a contagem de germinação;

N1, N2 e N12: Número de dias após a semeadura, até o décimo segundo dia.

Envelhecimento acelerado (EA): Foram analisadas 200 sementes de cada repetição, divididas em quatro sub amostras de 50 sementes, utilizando-se o método de *gerbox* adaptado, onde as sementes foram distribuídas uniformemente em camada única sobre tela de alumínio suspensa, e sobre a tela, um tecido do tipo voal, dentro de caixas *gerbox*, contendo 40 mL de solução saturada de cloreto de sódio (40 gramas de NaCl para 100 mL de água destilada), conforme proposto por JIANHUA E MCDONALD (1996).

Subsequentemente, as caixas plásticas tampadas foram encaminhadas para câmara do tipo BOD, a 41°C por 72h. Posteriormente a este período, instalou-se o teste de germinação, e as caixas foram colocadas em ambiente com temperatura de 20 ±2°C e avaliadas as plântulas aos 6 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Emergência em campo (EC): O teste de emergência em campo foi implantado posteriormente a todo período de armazenamento, a fim de padronizar o ambiente de semeadura em campo.

O procedimento de emergência em campo foi implantado em canteiros, onde foram semeadas 200 sementes por repetição, totalizando 600 sementes analisados por tratamento. A avaliação foi baseada na contagem final do total de plântulas emergidas por amostra, realizada 15 dias após a semeadura, quando a porcentagem de plântulas emergidas permaneceu constante. O resultado final foi expresso em porcentagem de plântulas emergidas.

3.1. Análise estatística

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade, e, se não atendidas as condições, foram realizadas as transformações de dados necessárias e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p < 0,05$). Sendo significativas pelo teste “F”, as médias das embalagens, bem como dos ambientes, foram comparadas pelo teste de Tukey e os períodos de armazenamento avaliados via regressões polinomiais. Para análise estatística utilizou-se o software Sisvar, versão 5.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância, apresentada na Tabela 1, revelou interação tripla significativa entre os fatores tipos de embalagens, ambientes de armazenamento e períodos de armazenamento de sementes de cebola para as variáveis teor de água, germinação primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos quadrados médios das fontes de variação nas variáveis: teor de água (TA), germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e emergência em campo (EC) de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2018.

FV	GL	TA	GER	PCG	IVG	EA	EC
Embalagem (E)	2	26,99*	34,624*	1819,22*	41,16*	1217,54*	185,04 ^{ns}
Ambiente (A)	2	58,821*	142,17*	3168,09*	139,08*	4003,02*	959,26*
Tempo (T)	4	28,35*	18,86*	642,46*	338,85*	3341,24*	-
A x E	4	14,14*	31,07*	1805,91*	34,39*	710,70*	816,26*
E x T	8	4,66*	15,55*	460,61*	9,42*	330,47*	-
A x T	8	9,94*	24,45*	777,06*	20,57*	1134,07*	-
E x A x T	16	3,77*	14,71*	446,26*	7,38*	196,29*	-
Erro	90	0,57	2,26	6,11	0,47	12,06	143,52
Total	134						
Média		8,18	97,37	91,59	25,318	87,88	76,96
CV(%)		9,25	1,54	2,70	2,72	3,95	15,57

* significativo a 1% e ^{ns} não significativo, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados referentes ao teor de água das sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Inicialmente, as sementes de cebola, antes de serem armazenadas, apresentavam, em média, teor de água em torno de 7,0%. Estes valores estão de acordo com Leite (2014), que recomenda o armazenamento de sementes de cebola com teor de água em torno de 6 à 7%.

Nas análises realizadas aos 90 dias de armazenamento, observou-se que as sementes armazenadas nas embalagens impermeáveis apresentavam equilíbrio higroscópico, fato constatado pela estabilidade dos valores, sendo, ainda, constatado que não houve diferença numérica entre o teor de água das sementes

armazenadas nesta embalagem nos diferentes ambientes. No entanto, as sementes armazenadas nas embalagens semipermeável e permeável e acondicionadas em ambiente sem controle de umidade e temperatura, apresentaram maior ganho de umidade em todos os períodos de armazenamento (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de água de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2019.

Período de armazenamento (dias)	Condições ambientais T (°C)/UR (%)	Teor de água (%)		
		Embalagem		
		IMP	SIMP	PER
0	Ambiente	7,0 Aa	7,1 Aa	7,0 Aa
	10/33	6,9 Aa	7,0 Aa	7,0 Aa
	16/60	7,0 Aa	6,9 Aa	6,9 Aa
90	Ambiente	7,4 Ab	9,9 Aa	10,0 Aa
	10/33	7,2 Aa	7,9 Ba	8,3 Ba
	16/60	7,5 Aa	8,7Ba	7,2 Ba
180	Ambiente	7,5 Ab	8,6 Aa	9,1 Aab
	10/33	7,4 Aa	6,6 Ba	7,4 Ba
	16/60	6,7 Aa	7,2 Ba	7,4 Ba
270	Ambiente	7,3 Ab	11,4 Aa	11,5 Aa
	10/33	7,4 Aa	7,5 Ba	7,9 Ba
	16/60	7,7 Aa	8,2 Ba	8,4 Ba
360	Ambiente	7,5 Ac	14,6 Aa	16,3 Aa
	10/33	7,1 Aa	8,7 Ba	9,0 Bb
	16/60	7,7 Aa	8,3 Ca	8,9 Ca
CV(%)		9,25		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada período de armazenamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

IMP- impermeável; SIMP- semipermeável; PER- permeável.

O rápido equilíbrio higroscópico e a baixa oscilação da umidade das sementes durante o armazenamento, isso quando as mesmas foram acondicionadas na embalagem impermeável, é consequência do tipo de embalagem que foi utilizada (Tabela 2), visto que o acondicionamento das sementes, quando armazenadas em embalagens impermeáveis, podem propiciar um ambiente desejável, possibilitando proteger as sementes contra trocas de umidade e por variações bruscas de temperatura do ambiente durante o armazenamento (CARVALHO et al., 2017).

De acordo com Marcos Filho (2015), a umidade é um dos fatores que mais afetam a atividade metabólica das sementes e, por isso, pode determinar a

manutenção da viabilidade embrionária e da qualidade das sementes durante o armazenamento, já que a água impulsiona o processo de hidrólise das macromoléculas presentes nos tecidos de reservar, fazendo com que estas substâncias sejam conduzidas até o embrião.

Ainda cabe salientar que, segundo Nascimento e Moraes (2011), o armazenamento de sementes com grau de umidade acima de 25% estimularia fortemente o crescimento de fungos, os quais intensificariam a deterioração das sementes devido ao consumo de reservas do embrião e à liberação de toxinas, inviabilizando a estocagem por longos períodos. Nesse contexto, o grau de umidade máximo das sementes durante o armazenamento foi de 16%, o que, provavelmente, contribuiu para evitar a proliferação de fungos durante o armazenamento.

Quanto à análise de germinação, observou-se que no armazenamento, independente do ambiente, da embalagem e do período de armazenamento, as sementes apresentaram germinação superior ao mínimo recomendado, amparado pela Portaria 457 de 18/12/1986, que estabelece para todo o território nacional, procedimentos e padrões de sementes olerícolas, para distribuição, transporte, e comércio de sementes fiscalizadas. Instituída pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que estabelece os padrões para a comercialização de sementes de cebola com germinação mínima de 70%. Cabe ressaltar que, de acordo com a mesma portaria, o prazo máximo de validade do teste de germinação para sementes de olerícolas acondicionadas adequadamente em recipientes herméticos, é de trinta e seis meses.

Todavia, mesmo apresentando germinação superior ao exigido pela legislação de comércio de sementes, aquelas armazenadas em embalagens de algodão, apresentaram germinação inferior às demais embalagens utilizadas, sendo que essa redução na germinação foi observada apenas aos 180 dias de armazenamento. Logo, aos 270 dias, as sementes armazenadas nas embalagens impermeáveis apresentaram germinação superior aquelas armazenadas nas embalagens semipermeáveis e permeáveis, isso quando o ambiente não possuía controle de temperatura e umidade (Tabela 3).

Tabela 3. Germinação de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2019.

Período de armazenamento (dias)	Condições ambientais T (°C)/UR (%)	Germinação (%)		
		Embalagem		
		IMP	SIMP	PER
0	Ambiente	98 Aa	98 Aa	98 Aa
	10/33	98 Aa	98 Aa	98 Aa
	16/60	98 Aa	98 Aa	98 Aa
90	Ambiente	97 Aa	99 Aa	95 Ba
	10/33	98 Aa	98 Aa	99 Aa
	16/60	99 Aa	98 Aa	98 ABa
180	Ambiente	99 Aa	98 Aa	92 Bb
	10/33	99 Aa	98 Aa	98 Aa
	16/60	98 Aa	98 Aa	98 Aa
270	Ambiente	98 Aa	95 Bb	89 Bc
	10/33	99 Aa	98 Aa	98 Aa
	16/60	99 Aa	98 Aa	98 Aa
360	Ambiente	98 Aa	91 Bb	84 Bc
	10/33	99 Aa	98 Aa	98 Aa
	16/60	99 Aa	99 Aa	98 Aa
CV(%)		1,54		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, em cada período de armazenamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

IMP- impermeável; SIMP- semipermeável; PER- permeável.

Nos ambientes que apresentavam controle de umidade e temperatura, a germinação das sementes de cebola, independente da embalagem, não sofreu redução significativa durante todo o período de armazenamento, mantendo valores próximos aos de qualidade inicial (Tabela 3). Portanto, como não se possui controle de ambiente durante o transporte e, muitas vezes, no armazenamento em revendas e nos produtores, embalagens podem ser um diferencial tecnológico para a garantia da qualidade fisiológica de sementes de cebola.

Ao avaliar o armazenamento de sementes de cebola com umidade e germinação inicial de 6,0% e 99%, respectivamente, numa temperatura de 25 °C e papel laminado, Rao et al. (2006) observaram que a viabilidade das sementes fora mantida acima dos padrões de comercialização até os 12 meses de armazenamento, já aquelas mantidas nas mesmas condições, porém, em embalagens de saco de algodão, apresentaram germinação inferior a 70%, após 9 meses de armazenamento.

Avaliando a porcentagem de germinação de sementes de crame em três diferentes ambientes de armazenamento: câmara refrigerada (5 ± 1 °C), câmara climatizada (18 ± 1 °C) e condição ambiente (26 ± 3 °C), Costa et al. (2012) observaram que o maior potencial germinativo foi encontrado nas sementes armazenadas na câmara climatizada para os doze meses de armazenamento.

As condições não controladas de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento, bem como a permeabilidade da embalagem de algodão que foi utilizada nesse trabalho, proporcionaram redução no potencial germinativo das sementes de cebola (Tabela 3), já que estas condições aceleram, de forma indireta, a respiração das sementes ao longo do armazenamento (CARDOSO et al., 2012).

Resultados similares aos de germinação também foi constatado para a primeira contagem de germinação, sendo que aos 180 dias de armazenamento as sementes de cebola armazenadas nas embalagens permeáveis e em ambiente não controlado, passaram a apresentar perda de vigor (Tabela 4) e aos 270 dias na embalagem semipermeável em ambiente não controlado.

Tabela 4. Primeira contagem de germinação de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2019.

Período de armazenamento (dias)	Condições ambientais T (°C)/UR (%)	Primeira contagem de germinação (%)		
		Embalagem		
		IMP	SIMP	PER
0	Ambiente	97 Aa	97 Aa	97 Aa
	10/33	97 Aa	97 Aa	97 Aa
	16/60	97 Aa	97 Aa	97 Aa
90	Ambiente	93 Aa	96 Aa	96 Aa
	10/33	96 Aa	95 Aa	94 Aa
	16/60	95 Aa	95 Aa	95 Aa
180	Ambiente	94 Aa	93 Aa	70 Bb
	10/33	94 Aa	95 Aa	95 Aa
	16/60	97 Aa	97 Aa	97 Aa
270	Ambiente	96 Aa	89 Bb	20 Bc
	10/33	97 Aa	97 Aa	97 Aa
	16/60	97 Aa	98 Aa	97 Aa
360	Ambiente	97 Aa	73 Bb	18 Bc
	10/33	97 Aa	96 Aa	97 Aa
	16/60	98 Aa	97 Aa	97 Aa
CV(%)			2,70	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada período de armazenamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

IMP- impermeável; SIMP- semipermeável; PER- permeável.

Ainda, considerando a primeira contagem de germinação, aos 270 dias de armazenamento, as sementes armazenadas nas embalagens permeáveis e em ambiente não controlado apresentaram vigor em torno de 20%, chegando ao último período de armazenamento com apenas 18% de plântulas normais na primeira contagem (Tabela 4).

Os ambientes controlados proporcionaram uma maior conservação das sementes armazenadas nas embalagens impermeáveis e semipermeáveis, no entanto, a conservação só foi prolongada para as sementes armazenadas nas embalagens semipermeáveis até o período de 180 dias, posteriormente, as sementes armazenadas nestas embalagens apresentaram menor vigor que aquelas sementes armazenadas nas embalagens impermeáveis (Tabela 4).

A temperatura e a umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento influenciaram diretamente no teor de água das sementes, devido ao seu caráter higroscópico. Assim, o uso de embalagens que não permitam troca de vapor de água entre semente e ambiente exterior é importante para impedir flutuações no grau de umidade das sementes. A redução da atividade metabólica, pelo baixo teor de umidade, possibilita a manutenção da qualidade fisiológica por um período mais prolongado e baixa deterioração (CARDOSO et al., 2012).

O índice de velocidade de germinação das sementes de cebola (Tabela 5) foi influenciado pelos tipos de embalagem quando armazenado em ambiente não controlado, nos 180 dias de armazenamento, sendo que a embalagem impermeável proporcionou os melhores resultados até o final do armazenamento, embora, aos 180 dias, não tenha diferido da embalagem semipermeável. No entanto, nos ambientes com controle de umidade e temperatura, não houve diferença significativa entre as embalagens, independente do período de armazenamento.

Tabela 5. Índice de velocidade de germinação de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2019.

Período de armazenamento (dias)	Condições ambientais T (°C)/UR (%)	Índice de velocidade de germinação (%)		
		Embalagem		
		IMP	SIMP	PER
0	Ambiente	28,56 Aa	28,56 Aa	28,56 Aa
	10/33	28,56 Aa	28,56 Aa	28,56 Aa
	16/60	28,56 Aa	28,56 Aa	28,56 Aa
90	Ambiente	27,03 Ab	28,44 Aa	28,00 Aab
	10/33	28,00 Aa	28,56 Aa	28,60 Aa
	16/60	28,34 Aa	27,87 Aa	28,20 Aa
180	Ambiente	27,84 Aa	24,40 Cb	18,31 Bc
	10/33	28,63 Aa	28,38 Aa	28,63 Aa
	16/60	28,51 Aa	26,78 Ba	27,38 Aa
270	Ambiente	24,57 Aa	20,25 Bb	15,14 Bb
	10/33	24,85 Aa	24,92 Aa	24,94 Aa
	16/60	25,11 Aa	24,96 Aa	24,38 Aa
360	Ambiente	21,67 Aa	15,25 Bb	12,77 Bc
	10/33	22,29 Aa	21,72 Aa	22,12 Aa
	16/60	22,08 Aa	21,87 Aa	22,02 Aa
CV(%)		2,72		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada período de armazenamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

IMP- impermeável; SIMP- semipermeável; PER- permeável

As embalagens impermeáveis, ou à prova de troca de vapor de água, não permitem a troca de vapor de água entre o ambiente e a semente, evitando que a mesma apresente ganho no grau de umidade e, conseqüentemente, aumento nas reações bioquímicas e deterioração (CARDOSO et al., 2012). José et al. (2010) constataram que a instabilidade química dos lipídios constitui um dos fatores preponderantes na redução na velocidade de germinação de várias espécies, e que a peroxidação lipídica e o estresse oxidativo causa a deterioração das sementes durante o seu envelhecimento.

Com relação a influência do ambiente durante o armazenamento das sementes de cebola, observou-se que as embalagens impermeáveis, independente do ambiente, a cada período de armazenamento na qual foi realizado a avaliação do índice de velocidade de germinação, apresentaram o mesmo desempenho, indicando que o ambiente não influenciou na qualidade das sementes quando as mesmas foram armazenadas. Logo, tanto para as embalagens semipermeável e

permeável, aos 180 dias de armazenamento houve uma redução no índice de velocidade de germinação das sementes de cebola quando estas embalagens foram acondicionadas em ambiente não controlado (Tabela 5).

Estes resultados demonstram a importância de se utilizar embalagens impermeáveis ou o uso de ambientes com controle de temperatura e umidade relativa do ar, bem como o uso conjugado dessas tecnologias, e corrobora de que sementes que apresentam baixo potencial de armazenamento, como é o caso da cebola, se mantidas nas condições ideais, permanecem viáveis por vários anos (BALESEVIC-TUBIC et al., 2010).

Em relação ao teste de envelhecimento acelerado, constatou-se que no período inicial, bem como aos 90 dias de armazenamento, as sementes de cebola não apresentaram diferença significativa quanto ao vigor, independente da embalagem e do ambiente. Contudo, aos 180 dias, as sementes armazenadas em ambiente não controlado e em embalagens semipermeável e permeável apresentaram-se menos vigorosas que aquelas sementes armazenadas nos ambientes controlados (Tabela 6).

Tabela 6. Envelhecimento acelerado de sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2019.

Período de armazenamento (dias)	Condição ambiental T (°C)/UR (%)	Envelhecimento acelerado (%)		
		Embalagem		
		IMP	SIMP	PER
0	Ambiente	94 Aa	94 Aa	94 Aa
	10/33	94 Aa	94 Aa	94 Aa
	16/60	94 Aa	94 Aa	94 Aa
90	Ambiente	96 Aa	96 Aa	95 Aa
	10/33	97 Aa	97 Aa	97 Aa
	16/60	96 Aa	97 Aa	96 Aa
180	Ambiente	96 Aa	88 Bb	76 Bc
	10/33	97 Aa	97 Aa	97 Aa
	16/60	96 Aa	95 Aa	95 Aa
270	Ambiente	89 Ba	76 Bb	41 Bc
	10/33	96 Aa	97 Aa	94 Aa
	16/60	96 Aa	94 Aa	92 Aa
360	Ambiente	76 Ba	23 Bb	17 Bc
	10/33	86 Aa	86 Aa	82 Aa
	16/60	90 Aa	85 Aa	76 Ab
CV(%)			3,95	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada período de armazenamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

IMP- impermeável; SIMP- semipermeável; PER- permeável

Comportamento semelhante também foi observado aos 270 e 360 dias de armazenamento, na qual as sementes armazenadas nos ambientes controlados não apresentaram diferença significativa entre si no teste de envelhecimento acelerado. No entanto, aquelas armazenadas no ambiente sem controle de temperatura e em embalagens semipermeáveis e permeáveis demonstraram condições de armazenamento com potencial inferior aquelas condições impostas pelas embalagens impermeáveis e ambiente controlado, seja ele na condição de 10 °C e 33% de umidade relativa, bem como nas condições de 16 °C e umidade relativa de 60% (Tabela 6).

Os resultados obtidos nas condições deste trabalho constataam a eficiência da embalagem impermeável durante o armazenamento de sementes de cebola para o teste de germinação, sendo este fato relacionado com o impedimento físico imposto pela embalagem impermeável às condições climáticas externas do ambiente durante o armazenamento, já que o envelhecimento natural reduz progressivamente o vigor das sementes, promovendo processos de deterioração durante o armazenamento (GROOT et al., 2012). Mesmo que a deterioração seja um processo irreversível e inevitável, a perda da qualidade das sementes pode ser retardada pelas condições do armazenamento, tais como a embalagem e o ambiente de armazenamento, que deve ser frio e seco (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013).

Ressalta-se que, perante a legislação brasileira de sementes, o boletim de análise de sementes de cebola, quando armazenadas hermeticamente tem validade de três anos, mas, no entanto não é garantido a germinação por tão longo período, mas somente por 270 dias, conforme Tabela 6. Cabe salientar ainda que as embalagens, em muitos casos, ficam expostas em casas agropecuárias ao calor, luz e umidade, reduzindo a viabilidade.

Quando foi avaliado o comportamento do teor de água das sementes ao longo do armazenamento (Figura 1A), observou-se significância apenas para aquelas sementes armazenadas em ambiente não controlado e em câmara fria, a 16 °C e UR de 60%, com embalagem semipermeável e em ambiente não controlado com embalagem permeável, na qual constatou-se comportamento linear e

quadrático para as duas últimas situações, respectivamente. No entanto, as demais formas de armazenamento em que as sementes de cebola foram submetidas, não apresentaram mudanças significativas no teor de água ao longo dos dias em que as mesmas permaneceram armazenadas.

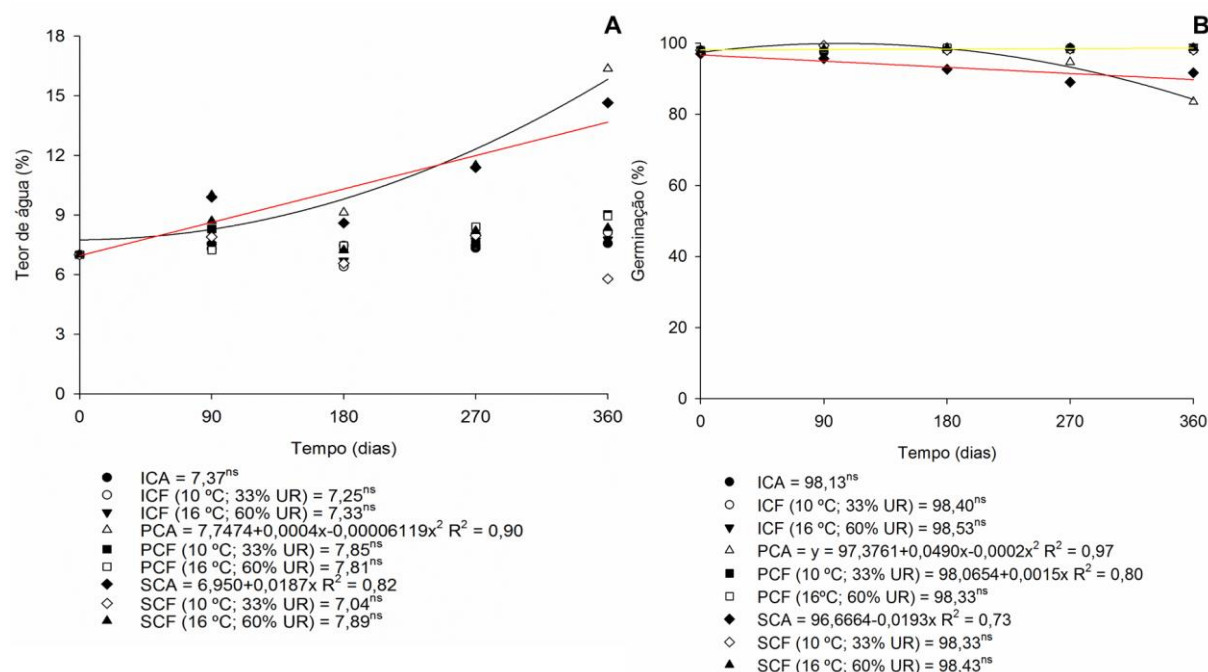


Figura 1. Teor de água (A) e germinação (B) em sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Capão do Leão, RS – UFPel, 2019.

ICA – embalagem impermeável em condição ambiente; ICF (10°C; 33%UR) embalagem impermeável em condição de câmara a 10°C e 33%UR; ICF (16°C; 60%UR) embalagem impermeável em condição de câmara a 16°C e 60%UR;

PCA – embalagem permeável em condição ambiente; PCF (10°C; 33%UR) – embalagem permeável em condição de câmara a 10°C e 33%UR; PCF (16°C; 60%UR) embalagem permeável em condição de câmara a 16°C e 60%UR;

SCA – embalagem semipermeável em condição ambiente; SCF (10°C; 33%UR) – embalagem semipermeável em condição de câmara a 10°C e 33%UR; SCF (16°C; 60%UR) embalagem semipermeável em condição de câmara a 16°C e 60%UR.

As sementes que não apresentaram aumento no teor de água durante o armazenamento, principalmente aquelas acondicionadas nos ambientes controlados e em embalagens impermeáveis, pode ser reflexo da hermeticidade da embalagem, que apresentam a capacidade de inibir as trocas gasosas entre as sementes e o

ambiente externo, fazendo com que as sementes entrem em equilíbrio higroscópico. Segundo Baudet e Villela (2012), quando armazenadas em embalagens permeáveis, as sementes alteram seu teor de água durante o armazenamento conforme as variações da umidade relativa do ar, por serem higroscópicas.

No armazenamento das sementes no ambiente não controlado e em embalagem semipermeável, observou-se um incremento no teor de água das sementes de 6,68 pontos percentuais entre o tempo zero e 360 dias de armazenamento. Logo, as sementes armazenadas em ambiente não controlado com embalagem impermeável, apresentaram acréscimo no teor de água até os 138 dias de armazenamento, com ganho em relação ao tempo zero de 0,6%, posteriormente, as sementes apresentaram uma redução até o final do armazenamento. Já as sementes armazenadas no ambiente não controlado e embalagem de algodão, apresentaram redução inicial no teor de água até os 33 dias de armazenamento com posterior aumento até o último dia em que as sementes permaneceram armazenadas (Figura 1A).

Com relação a germinação das sementes de cebola armazenadas (Figura 1B), observou-se que houve comportamento significativo para as combinações ambiente não controlado com embalagens permeável e semipermeável, bem como para permeável em câmara fria (10 °C; 33% UR), com ambas as situações apresentando comportamento linear. Resultados semelhantes foram encontrados por Mollah et al (2016) com cebola em embalagens herméticas.

Já as sementes acondicionadas nas embalagens semipermeáveis, com ambiente sem controle de umidade e temperatura, apresentaram redução da germinação com comportamento linear, sendo, neste período, observado um valor mínimo de germinação de 90%.

Smaniotto et al. (2014) afirmam que as sementes tendem a perder sua capacidade de germinar durante o armazenamento devido a peroxidação dos lipídeos, das variações no teor de água e temperatura da massa de semente. Porém, mesmo ocorrendo perda da viabilidade, observou-se que as sementes armazenadas nas embalagens semipermeáveis, mantiveram sua viabilidade acima do padrão mínimo de germinação até os 360 dias, permanecendo aptas à comercialização conforme a validade do teste. É importante enfatizar que, mesmo sem controle do ambiente, as sementes armazenadas nas embalagens

impermeáveis apresentaram, praticamente, a mesma germinação ao longo dos períodos de armazenamento, constatando a eficiência dessas embalagens no armazenamento de sementes de cebola (Figura 1B). Esta forma de armazenamento é fundamentada no processo respiratório dos seres vivos bióticos que consomem o oxigênio (O_2), gerando dióxido de carbono (CO_2). Enfatiza-se que uma atmosfera rica em CO_2 e pobre em O_2 pode suprimir a capacidade de reprodução ou desenvolvimento dos insetos e fungos, como também a própria atividade metabólica das sementes, favorecendo a sua conservação (TIECKER JÚNIOR et al., 2013).

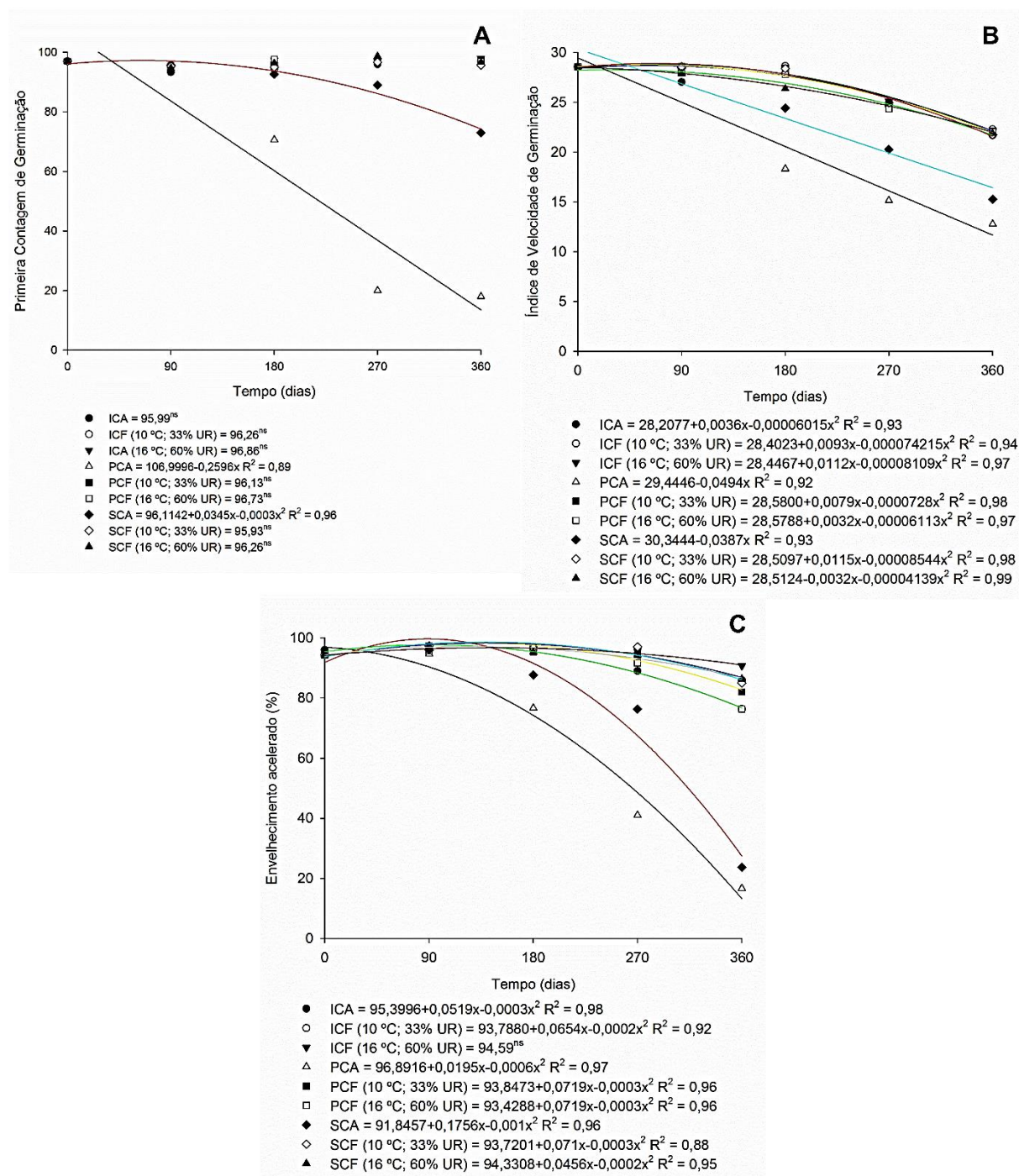
Com relação a primeira contagem de germinação, ao longo do armazenamento, as sementes armazenadas no ambiente sem controle e em embalagens semipermeáveis e permeáveis apresentaram comportamento quadrático e linear decrescente, respectivamente (Figura 2A), com germinação no primeiro dia de contagem de 97%, embora o comportamento da reta tenha indicado valor superior a 100%, sabe-se que é impossível.

Ainda em relação a primeira contagem de germinação, assim como no teste de germinação, as sementes armazenadas nas embalagens impermeáveis não apresentaram redução significativa ao longo do armazenamento, independente do ambiente em que as embalagens foram acondicionadas (Figura 2A).

Já o vigor estimado pelo índice de velocidade de germinação indicou resultados distintos aos da primeira contagem de germinação, todavia, o teste de primeira contagem de germinação é realizado concomitantemente com o teste de germinação, onde as condições durante os testes são mantidas próximas ao ideal, sendo, nesta situação, não foi possível verificar diferenças significativas quanto ao vigor das sementes de cebola armazenadas.

No entanto, quando foi avaliado o índice de velocidade de germinação, observou-se que as sementes armazenadas em todas as combinações de ambiente e embalagem, apresentaram comportamento quadrático, com exceção, apenas, das combinações ambiente não controlado mais embalagem permeável e semipermeável e ambiente à 16 °C e UR de 60% com embalagem semipermeável, que apresentaram, ao longo dos dias de armazenamento, comportamento quadrático (Figura 2B).

Figura 2. Primeira contagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B) e envelhecimento acelerado (C) em sementes de cebola armazenadas em diferentes ambientes, embalagens e períodos de armazenamento. Pelotas, RS – UFPel, 2019. PCA, ICA e SCA = Permeável, Impermeável e Semipermeável em Condição Ambiente, respectivamente; ICF = Impermeável em câmara fria (10 °C e 33% UR); e ICF = Impermeável em câmara fria (16 °C e 60% UR).



ICA – embalagem impermeável em condição ambiente; ICF (10°C; 33%UR) embalagem impermeável em condição de câmara a 10°C e 33%UR; ICF (16°C; 60%UR) embalagem impermeável em condição de câmara a 16°C e 60%UR;

PCA – embalagem permeável em condição ambiente; PCF (10°C; 33%UR) – embalagem permeável em condição de câmara a 10°C e 33%UR; PCF (16°C; 60%UR) embalagem permeável em condição de câmara a 16°C e 60%UR;

SCA – embalagem semipermeável em condição ambiente; SCF (10°C; 33%UR) – embalagem semipermeável em condição de câmara a 10°C e 33%UR; SCF (16°C; 60%UR) embalagem semipermeável em condição de câmara a 16°C e 60%UR.

As sementes de cebola armazenadas em ambiente não controlado em embalagem permeável e semipermeável apresentaram comportamento linear decrescente, sendo estas condições as que propiciaram as maiores reduções no índice de velocidade de germinação das sementes de cebola durante o armazenamento, com uma redução de 60,40% e 45,91%, respectivamente. Já as sementes armazenadas nas demais condições e embalagens, ao final do armazenamento, apresentaram valores semelhantes (Figura 2B).

De acordo com Silva et al. (2010), a maioria das sementes tende a sofrer variações no grau de umidade durante o período de armazenamento em ambiente não controlado, e essas variações são prejudiciais à conservação da germinação e do vigor, principalmente quando acompanhadas de acréscimo da temperatura ambiente. Ainda, segundo Antonello et al. (2009), ao serem armazenadas, as sementes passam a germinar mais lentamente que as sementes novas, pois respiram mais lentamente e tornam-se mais susceptíveis às doenças, acumulando anormalidades cromossômicas e produzindo incrementos na proporção de plântulas anormais.

Quando foi avaliado o teste de envelhecimento acelerado, constatou-se, com exceção da combinação de 16 °C e 60% de UR e embalagem impermeável que não apresentaram significância, todas as demais combinações de ambiente e embalagem apresentaram comportamento quadrático ao longo do armazenamento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2010), ao observarem que as sementes de arroz, milho e feijão acondicionadas em embalagens permeáveis e armazenadas em temperatura ambiente apresentaram os menores índices de qualidade ao final do período de armazenamento, quando comparado com os índices de sementes em embalagem impermeável, reforçando que a permeabilidade das embalagens permite maior metabolismo das sementes, levando

à acentuada perda de qualidade, sendo mais adequado, em ambientes com temperatura relativamente alta, a utilização de embalagens resistentes a trocas de vapor d'água. Além disso, Walters (2007) relata que embalagens rígidas e herméticas são mais duráveis, minimizam o volume da amostra de sementes e otimizam o ambiente de armazenamento.

As condições de ambiente controlado, independente da embalagem que foi utilizada, apresentaram o mesmo comportamento quadrático, com tendência a uma breve redução no vigor. Porém, tais valores permaneceram acima de 80%, mesmo após 360 dias de armazenamento, sendo este comportamento podendo estar intimamente relacionado com a qualidade da embalagem impermeável, que inibe a troca de O_2 no interior da embalagem, fazendo com que as sementes mantenham sua respiração quase inerte (FELIX et al., 2017).

Ainda em relação ao teste de envelhecimento acelerado, constatou-se que as sementes de cebola, mesmo armazenadas em ambiente sem controle de umidade e temperatura, porém armazenadas em embalagens impermeáveis, apresentaram desempenho semelhante aquelas sementes que foram armazenadas em ambientes controlados (Figura 2C). Essa manutenção do vigor das sementes pode estar relacionada com resistência às variações de umidade que o material hermético oferece e da modificação da atmosfera, pois, segundo Marcos Filho (2015), a deterioração da semente também está associada às características da embalagem, porque existem materiais que não oferecem resistência às trocas gasosas entre as sementes e a atmosfera, bem como a concentração de O_2 no interior das embalagens, que interfere no metabolismo das mesmas.

Destaca-se que o teste de envelhecimento é capaz de estimar o potencial de longevidade das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Essa informação é de grande relevância para o produtor de sementes para inferir a qualidade a posteriori do lote e facilitar a tomada de decisão no momento da comercialização das sementes, bem como nas estratégias de armazenamento.

Na emergência de plântulas, foi possível constatar que houve diferença significativa apenas para a embalagem permeável em relação as demais embalagens, sendo que nas embalagens impermeáveis, as sementes apresentaram menor vigor em relação as sementes armazenadas nas demais embalagens, isso quando foi utilizado o ambiente sem controle de umidade e temperatura (Tabela 7).

Resultados semelhantes foram encontrados por Natubhai et al., (2018) com sementes de cebola e embalagens plástico, papel e algodão.

Tabela 7. Emergência em campo de sementes de cebola armazenadas em diferentes condições ambientais e tipos de embalagens após um período de armazenamento de 360 dias.

Ambiente T (°C)/UR (%)	Embalagem		
	Impermeável	Semipermeável	Permeável
Ambiente	85 Aa	70 Aa	40 Bb
10/33	74 Aa	81 Aa	90 Aa
16/60	84 Aa	82 Aa	86 Aa
Média		77	
CV(%)		15,57	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente ($p>0,05$) entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação aos ambientes controlados observou que as embalagens foram capazes de manter a qualidade das sementes de emergir em valores estaticamente iguais (Tabela 7).

Ao avaliar a emergência de plântulas, oriundas de sementes de cebola armazenadas, Rao et al. (2006) constataram que o vigor das sementes reduziu gradualmente com o armazenamento. No entanto, a perda de vigor foi significativamente mais acentuada nas sementes armazenadas em condições normais do ambiente (sem controle de temperatura e umidade), enquanto o declínio do vigor foi relativamente estável quando as sementes foram armazenadas a 25 °C.

Com os resultados supracitados, pode-se relatar que o armazenamento de sementes de cebola com embalagens impermeáveis, bem como em ambiente controlado, torna-se uma atividade com potencial positivo, desde que as perdas de qualidade das sementes armazenadas nas embalagens impermeáveis e ambiente controlado sejam tão inferiores às demais, que possam suprir, economicamente, seus custos de instalação que, de certa forma, são mais elevados e demanda de cuidados mais onerosos.

De maneira geral, constatou-se que a germinação foi mantida na embalagem impermeável independente do ambiente de armazenamento, bem como em embalagem semipermeável ou permeável, sob condições controladas de ambiente.

Resultados similares foram observados no teste de primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação.

Para a preservação da qualidade fisiológica de sementes de cebola, recomenda-se o armazenamento em embalagens impermeáveis, com umidade de 7%, independente do ambiente de armazenamento. As embalagens permeável e semipermeável podem ser empregadas se as sementes de cebola forem mantidas em câmara fria ou câmara fria e seca.

5. CONCLUSÕES

As embalagens semipermeáveis e permeáveis apresentam desempenho satisfatório tão-somente ao serem acondicionadas sementes nas condições controladas, seja em câmara fria ou fria e seca.

Embalagens impermeáveis conservam a qualidade fisiológica de sementes por até 360 dias, independente dos ambientes em estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A. C.; JERÔNIMO, E. S.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P. SILVA, A. S. Estudo de técnica para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p.189-202, 2010.

ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. B.; BRAND, S. C.; VIDAL, M. D.; GARCIA D, RIBEIRO, L.; SANTOS, V. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2191-2194, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lasing, 1983. 88p. (Handbook on Seed Testing. Contribution, 32.

BALEŠEVIĆ-TUBIĆ, S.; TATIĆ, M.; ĐORĐEVIĆ, V.; NIKOLIĆ, Z.; ĐUKIĆ, V. Seed viability of oil crops depending on storage conditions. **Helia, Novi Sad**, v. 33, n. 52, p. 153-160, 2010.

BAUDET, L. M. L., VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed Universitária – UFPel, 2012. p.481-528.

BORÉM, F. M. , CORADI, P. C., SAATH, R.; OLIVEIRA, J.A. Quallidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, set./out., 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 457, de 18 de dezembro de 1986. Estabelece para todo o território nacional, procedimentos e padrões de sementes olerícolas, para distribuição, transporte, e comércio de sementes fiscalizadas, e para

importação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 23 dez. 1986. Seção 1, p.19653.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.272-278, 2012.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em Função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.

CARVALHO, R.V.; FALEIRO, F. G.; OLIVEIRA, J. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COSTA A. M.; PÁDUA, J. G.; MALAQUIAS, J. V. Armazenamento de sementes de *Passiflora alata*, *Passiflora cincinnata* e *Passiflora setacea* em embalagens aluminizadas à temperatura ambiente. **Magistra**, v. 29, n. 2, p. 154-160, 2017.

COSTA, C. J. Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças. Embrapa Clima Temperado. Documentos, 355. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 30 p. 2012.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.239-301, 2012.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v1, n.2, p.427-452, 1973.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; Resende, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V.. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia**

Agrícola e Ambiental. v.19, n.3. p.231-237, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p231-237>.

FOWLER, J. A. P. Superação de dormência a armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. p. 77-100.

GONZÁLEZ, J. D.; FERNÁNDEZ, B. B.; CARREÑO F. S. Influencia de diferentes métodos de conservación en la germinación de semillas de palma areca (*Dypsis lutescens*, H. Wendel). **Cultivos Tropicales**, v. 33, n. 2, p. 56-60, 2012.

GROOT, S. P. C.; SURKI, A. A.; DE VOS, R. C. H.; KODDE, J. Seed storage at elevated partial pressure of oxygen, a fast method for analysing seed ageing under dry conditions. **Annals of Botany**, v. 110, p. 1149-1159, 2012.

HARRINGTON, J. F. - Seed storage and longevity. In: KOSLOWSKI, T. T. – Seed biology. New York, Academic Press, 1972. v. 3, p. 145-245.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science & Technology**, v.25, p. 123-131, 1996.

JOSÉ, S. C. B. R. SALOMÃO, A. N.; COSTA, T. S.; SILVA, J. T. T. T.; CURI, C. C. S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos Fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 32, n. 4, p. 29-38, 2010.

LEITE, D. L. **Produção de Sementes de Cebola**. Circular Técnica, v. 142, p. 1-9, 2014.

MACALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B. C. F.; SILVA, S. R. S; GRANJA, J. A. A.; ALVES, M. C. J. L.; POMPELLI, M. F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**. V. 44, p 684-690, 2013.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 2015, 660 p.

MEDEIROS, A. C. S.; EIRA, M. T. S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 13 p. (Circular Técnica, 127.).

MELO, P. C. T. Produção de sementes de cebola em condições tropicais e subtropicais. Piracicaba: USP-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 14 p. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Paulo%20C%C3%A9sar1_Prod_%20seme_cebola.pdf . Acesso em 27 Dez. 2018.

MOLLAH, M.R.A.; ALI, M.A.; PRODHAN, M.Z.H; RAHMAN, M.M.; ALAM, M.J. Effect of containers on storability of true seeds of onion. **European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences**, v.3, n.1 p, 1-4, 2016.

NASCIMENTO, W. M. O.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 415-425, 2011.

NATUBHAI, B.; PATIL, K; KARJULE, A.P.; PATEL, D.A. Effect of containers and duration on seed quality of onion under ambient storage conditions. **Seed Research Journal**. v. 45, n. 2, p 1-4, 2018.

PARRELLA, N.N.L.D. **Armazenamento de sementes** / Semana de Ciências e Tecnologia para estudantes dos municípios de Prudente de Morais e Sete Lagoas do Estado de Minas Gerais. EPAMIG Centro-Oeste, 2011.

RAO, R. G. S.; SINGH, P. M.; RAI, M. Storability of onion seeds and effects of packaging and storage conditions on viability and vigour. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 1, p. 1-6, 2006.

RODRIGUES, D. B.; RADKE, A. K.; ROSA, T. D.; TUNES, C. D.; GULARTE, J.; TUNES, L. M.. Adequação metodológica da determinação do teor de água em sementes de cenoura. **Tecnologia & Ciência. Agropecuária**, João Pessoa, v.10, n.4, p.40-43, jun.2016.

SAUER, D.B. **Storage of grains and their products**. 4.ed. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc., 1992. 615p.

SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências AgroAmbientais**, v. 8, p. 45-56, 2010.

SINGH, A. S.; KUMARI, S.; MODI, A. R.; GAJERA, B. B.; NARAYANAN, S.; KUMAR, N. Role of conventional and biochnological approaches in genetic improvement of castor (*Ricinus communis* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 55-62, 2015.

SMANIOTTO, T. A. de S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E.C. de.; SIMON, G. A.. Qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em diferentes condições . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2014, vol.18, n.4. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>.

TIECKER JÚNIOR, A. DIONELLO, R. G.; FILHO, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; CASTRO, B. Avaliação da germinação de grãos de milho em armazenamento hermético e não hermético sob diferentes umidades de colheita. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 26-33, 2006.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-281.

VILLELA, F.A.; MENEZES, N.L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News**, v.8, n.4, p.22-25, 2009.

WALTERS, C. Materials used for seed storage containers: response to Gómez-Campo. **Seed Science Research**, v. 17, p. 233- 242, 2007.

WALTERS, C.T.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. Structural mechanics of seed deterioration: Standing the test of time. **Plant Science**, v.179, p.565-573, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.06.016>